

221

Circular
TécnicaSete Lagoas, MG
Dezembro, 2016

Autores

Álvaro Vilela de ResendeEng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e
Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo,
Rod. MG 424 km 45, 35701-970
Sete Lagoas, MG,
alvaro.resende@embrapa.br**Aarón Martínez Gutiérrez**Eng.-Agrôn., M.Sc., Doutorando
em Fitotecnia na UFV, Viçosa,
MG, aaron_0715@hotmail.com**Carine Gregório Machado Silva**Eng.-Agrôn., M.Sc. em Ciências
Agrárias, Sete Lagoas, MG,
carine.greg@gmail.com,**Gabriela Oliveira Almeida**Eng.-Agrôn., M.Sc. em Ciências
Agrárias, Sete Lagoas, MG,
gabrielaoalivalm@gmail.com**Paulo Evaristo de Oliveira
Guimarães**Eng.-Agr., Ph.D. em
Melhoramento de Plantas,
Pesquisador da Embrapa Milho
e Sorgo, Sete Lagoas, MG,
paulo.guimaraes@embrapa.br**Silvino Guimarães Moreira**Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e
Nutrição de Plantas, Professor
da UFSJ, Sete Lagoas, MG,
silvino@ufsj.edu.br**Miguel Marques Gontijo Neto**Eng.-Agrôn., D.Sc. em
Zootecnia, Pesquisador da
Embrapa Milho e Sorgo, Sete
Lagoas, MG, miguel.gontijo@
embrapa.br**Embrapa**

Requerimentos Nutricionais do Milho para Produção de Silagem

Introdução

Com o avanço da atividade pecuária de leite e de corte na forma de criações mais intensivas, a produção de volumosos e sua conservação tornaram-se pontos críticos para os produtores. Técnicas de conservação de forragem em silos possibilitam melhor controle do fornecimento de energia para os animais, com constância e boa qualidade, contribuindo no atendimento de suas exigências nutricionais ao longo do ano ou período de criação (UENO et al., 2013). Assim, a silagem produzida com a planta inteira de milho vem sendo uma alternativa cada vez mais difundida como alimento volumoso para ruminantes.

O corte das plantas de milho para produção de silagem acarreta remoção de grandes quantidades de nutrientes das áreas de cultivo, em montantes muito superiores aos exportados com a colheita apenas dos grãos. Como praticamente não ficam restos culturais na lavoura, todo o quantitativo de nutrientes contido na parte aérea das plantas deixa de fazer parte dos processos de ciclagem, os quais são fundamentais para a manutenção da fertilidade e da atividade biológica no solo. Se as adubações não forem bem dimensionadas, pode haver impactos negativos ao sistema de produção, como por exemplo a geração de déficits principalmente de K e N (COELHO, 2006; UENO et al., 2013). No milho silagem, o incremento nas taxas de exportação é substancialmente acentuado no caso de elementos como K, Ca, Mg e alguns micronutrientes, que são alocados em baixas proporções na semente, e que por isso não seriam críticos nos programas de reposição de nutrientes em sistemas voltados somente à produção de grãos.

As recomendações de adubação específicas para o propósito de silagem (RAIJ; CANTARELLA, 1996; ALVES et al., 1999; MANUAL..., 2004) indicam doses mais elevadas de fertilizantes, buscando, de certa forma, compensar esse maior consumo de nutrientes. Contudo, ainda há certo empirismo nas estimativas de demanda do milho silagem e muitos produtores desconhecem as diferenças de exigência em relação ao cultivo com a finalidade de produção de grãos. Usar a adubação para grãos quando a intenção é o corte para forragem traz sério agravante para a sustentabilidade da lavoura, sobretudo quanto ao suprimento de K. Persistindo essa forma de exploração sem os devidos cuidados no manejo nutricional, ocorre rápida redução das reservas de nutrientes no solo, comprometendo a produtividade dos cultivos subsequentes de milho ou de outras espécies.

Na produção com maior investimento tecnológico, visando alta produtividade, normalmente o solo deve ter passado por uma fase de construção da fertilidade e emprega-se alguma forma de diversificação de espécies, como a rotação de culturas, o que favorece a manutenção de potencial produtivo mais elevado. Adicionalmente, quando se adota o plantio direto, há melhor proteção do solo contra processos erosivos e alguns problemas de ordem física são amenizados, como a compactação gerada no momento da colheita para ensilagem. Os produtores que buscam estabelecer um manejo mais racional podem planejar a adubação de forma aprimorada para o sistema de culturas, com base na filosofia de reposição dos nutrientes removidos com as colheitas. É preciso entender que, mesmo quando se constata alta disponibilidade de nutrientes na análise de solo, as adubações de manutenção devem ao menos restituir os nutrientes que serão exportados.

Com esse objetivo, é importante ter melhor conhecimento do potencial de exportação de nutrientes pelo milho, que no caso do uso para silagem corresponde ao acúmulo nas partes vegetativas e nos grãos. As quantidades podem variar bastante em função de uma série de fatores como a cultivar utilizada, a disponibilidade de nutrientes no solo, o histórico da área, as condições climáticas, as práticas de manejo da lavoura e a produtividade obtida (DUARTE et al., 2003; COELHO, 2006; FERREIRA, 2009; VON PINHO et al., 2009; UENO et al., 2011). Na presente publicação são fornecidos indicadores das taxas de exportação de macro e micronutrientes por híbridos modernos de milho colhidos para silagem, em cultivos com médio a alto investimento em adubação.

Base Experimental

Dados experimentais obtidos na safra verão 2014/2015 permitiram quantificar os conteúdos

de nutrientes na cultura do milho, no estágio fenológico R5, equivalendo ao potencial de exportação de nutrientes à época do corte das plantas para produção de silagem. O estudo foi conduzido em Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso, representativo do cerrado da região Central de Minas Gerais, localizado na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG (coordenadas 19°28'30" S, 44°15'08" W, e 732 m de altitude). Os tratamentos avaliados consistiram de quatro híbridos transgênicos (AG 8088 PRO X, DKB 310 PRO 2, DKB 390 PRO e P 30F53YH), cultivados em ambientes com médio ou alto investimento em adubação, utilizando plantio direto e irrigação complementar. Detalhes do desenho experimental e das operações de condução do estudo encontram-se descritos em Silva (2016).

Cada parcela foi constituída de quatro linhas de 6 m de comprimento, espaçadas 0,5 m entre si. Na adubação de semeadura, foram utilizados 340 e 500 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 08-28-16 + 0,3 % B nos ambientes de médio e alto investimento, respectivamente. Aos 20 dias após semeadura (estádio V4), foi realizada uma adubação de cobertura em todo o experimento, com 200 kg ha⁻¹ de ureia. No ambiente de alto investimento, foram realizadas mais duas adubações de cobertura: 350 kg ha⁻¹ de NPK 20-00-20 aos 27 dias e 200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio aos 33 dias após semeadura. Ainda neste ambiente, no estágio V7 foi realizada adubação foliar com uma mistura dos fertilizantes Biozyme® (2 L ha⁻¹), fosfato monoamônico – MAP (2,5 kg ha⁻¹) e nitrato de cálcio (1,5 kg ha⁻¹). As condições médias de fertilidade do solo nos dois ambientes de investimento em adubação, aos 20 dias após a semeadura do milho, são apresentadas na Tabela 1. Podem ser observadas condições contrastantes em relação à disponibilidade da maioria dos nutrientes.

Tabela 1. Atributos de fertilidade do solo nos ambientes com médio e alto investimento em adubação, na profundidade de 0-20 cm, aos 20 dias após a semeadura do milho.

Atributo	Nível de investimento	
	Médio	Alto
Matéria Orgânica (dag kg ⁻¹)	4,1	3,9
pH em água	6,1	6,0
P Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	14	22
K “	54	159
Al (cmol _c dm ⁻³)	0	0
H+Al “	5,6	6,8
Ca “	6,2	5,7
Mg “	1,0	1,2
CTC “	13	14
Saturação por bases (%)	57	52
S (mg dm ⁻³)	4	15
B “	1,1	1,8
Cu “	0,9	0,5
Zn “	3,4	3,8

Análise granulométrica: areia = 130 g kg⁻¹; silte = 210 g kg⁻¹; e argila = 660 g kg⁻¹.

No estágio R5, aos 104 dias após a semeadura, quando o milho se apresentava na fase ideal para a ensilagem (grão farináceo, em grau de maturação “meia linha de leite”), realizou-se amostragem de duas plantas na área útil de cada parcela. Após o corte na altura de 3 a 5 cm acima da superfície do solo, as plantas foram seccionadas em folha, colmo, palha da espiga, sabugo e grãos. Após secagem em estufa, quantificou-se a massa seca de cada compartimento, sendo os teores de macro e micronutrientes determinados em laboratório conforme metodologias descritas em Silva (2009). De posse desses dados, calcularam-se as quantidades de nutrientes contidas nas diferentes partes, e o seu somatório correspondeu à exportação no milho colhido para silagem.

Resultados

A produção de massa seca foi significativamente influenciada pelos ambientes de investimento em adubação e

pelas cultivares, sem, contudo, se detectar interação entre esses fatores. Em média, o rendimento de massa seca foi de 22.964 e 25.780 kg ha⁻¹ sob médio e alto investimento em adubação, respectivamente. Os dados da Figura 1 permitem verificar a existência de diferenças entre cultivares quanto à capacidade de produção de massa seca e de grãos. Varia também a proporção que os grãos representam na biomassa total de cada cultivar à época do corte das plantas para produção de silagem (estádio R5). É de se esperar, portanto, que os níveis de exportação de nutrientes sejam distintos em cada caso (Tabela 2).

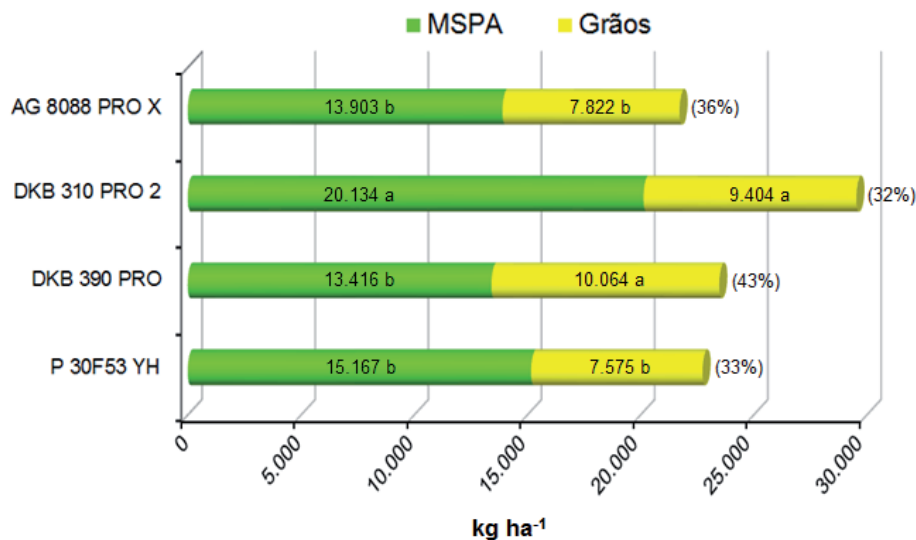


Figura 1. Produção de massa seca de parte aérea (MSPA) e de grãos por híbridos de milho, por ocasião do corte das plantas para produção de silagem (estádio R5). Média de cultivos em ambientes com médio e alto investimento em adubação. Para cada variável (MSPA e grãos), médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. Valores entre parêntesis indicam a participação percentual dos grãos na biomassa total.

Embora os níveis de absorção possam ter alguma relação com a característica genética de cada híbrido na aquisição de nutrientes, de modo geral, as quantidades de exportadas são proporcionais à biomassa produzida, conforme se observa no caso do DKB 310 PRO 2, cujo diferencial de produção de massa seca e grãos (Figura 1) implicou também exportação substancialmente mais elevada de todos os macro e micronutrientes (Tabela 2).

A variação de disponibilidade de nutrientes no sistema de produção, condicionada por

menor ou maior investimento em adubação, influencia significativamente o potencial de exportação de nutrientes no milho colhido para silagem (Tabela 3). A cultura é altamente responsiva ao fornecimento de nutrientes como N e K, apresentando forte incremento de absorção sob condições de maior suprimento. Entretanto, nesse caso, é essencial atentar para o fato de que o rendimento de silagem pode não acompanhar o aumento na absorção de nutrientes. Apesar de estatisticamente significativa, a diferença de produção de massa seca total entre os ambientes de médio

Tabela 2. Exportação de nutrientes (parte aérea + grãos) por híbridos de milho, por ocasião do corte das plantas para produção de silagem (estádio R5). Média de cultivos em ambientes com médio e alto investimento em adubação.

Híbrido	Nutriente									
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
	kg ha ⁻¹						g ha ⁻¹			
AG 8088 PRO X	241 b	52 c	159 b	51 b	33 b	18 b	58 c	1.868 b	541 b	371 c
DKB 310 PRO 2	344 a	76 a	220 a	68 a	53 a	26 a	106 a	2.483 a	810 a	522 a
DKB 390 PRO	277 b	63 b	178 b	51 b	40 b	19 b	79 b	1.703 b	631 b	407 c
P 30F53 YH	260 b	62 b	176 b	57 b	37 b	20 b	86 b	2.100 b	538 b	453 b
Média	281	63	183	57	41	21	82	2.039	630	439

Médias seguidas de mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Para converter P₂O₅ em P e K₂O em K, dividir, respectivamente, os valores da tabela por 2,29 e 1,20.

Tabela 3. Exportação de nutrientes pelo milho (parte aérea + grãos), por ocasião do corte das plantas para produção de silagem (estádio R5), a partir do cultivo em ambientes com médio e alto investimento em adubação. Média dos híbridos AG 8088 PRO X, DKB 310 PRO 2, DKB 390 PRO, e P 30F53YH.

Nutriente	Unidade	Investimento em adubação	
		Médio	Alto
N	kg ha ⁻¹	238 b	323 a
P ₂ O ₅	"	60 b	66 a
K ₂ O	"	110 b	257 a
Ca	"	58 a	56 a
Mg	"	41 a	40 a
S	"	23 a	19 b
Cu	g ha ⁻¹	70 b	95 a
Fe	"	1.856 b	2.222 a
Mn	"	496 b	764 a
Zn	"	393 b	484 a

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste F a 5%. Para converter P₂O₅ em P e K₂O em K, dividir, respectivamente, os valores da tabela por 2,29 e 1,20.

e alto investimento foi relativamente pequena, cerca de 2,8 t ha⁻¹, o que reforça a importância de um acompanhamento econômico do retorno da aplicação de fertilizantes para o milho silagem.

A partir de determinada condição de fertilidade do solo, adubações mais pesadas podem implicar consumo de luxo de nutrientes, que serão exportados sem que tenha havido ganho compensatório de biomassa. Todavia, deve-se ponderar que, no caso do N, um conteúdo mais elevado na planta é desejável quando se trata de uso como forragem, tendo em vista a existência de relação direta entre a presença desse elemento nos tecidos e o teor de proteína do alimento volumoso que será oferecido aos animais.

Na continuidade do presente estudo, Silva (2016) e Gutiérrez (2016) também avaliaram a remoção de nutrientes que ocorre quando somente os grãos são colhidos após a maturidade fisiológica. Os resultados do confronto entre as duas modalidades de uso (grãos vs forragem) evidenciam marcante discrepância, onde, no milho silagem, o diferencial de exportação a mais por hectare é da ordem de 126, 18, 145, 57, 32 e 11 kg de N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg e S, e de 63, 1.922, 583 e 257 g de Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente. O significado prático desses valores é contundente, pois eles indicam que um descuido na reposição do que é consumido nos cultivos para silagem pode acarretar brusca depleção das reservas de determinados nutrientes no solo e gerar desequilíbrios nutricionais nas culturas subsequentes.

Ueno et al. (2011) já haviam enfatizado essa questão em revisão de literatura sobre a dinâmica de nutrientes em áreas destinadas à produção de milho para forragem em comparação ao cultivo somente para grãos, apontando valores médios de exportação a mais por hectare equivalentes a 21, 92, 20 e 3,5 kg de N, K₂O, Ca e Mg, respectivamente. Constata-se que esses números são de magnitude ainda bem inferior aos valores ora quantificados. Não ficou claro, naquela publicação, se os dados advêm de medições realizadas no momento apropriado ao corte para ensilagem (estádio R5) ou trata-se de estimativas a partir de avaliações após a maturação completa do milho destinado à colheita de grãos, como é comum em diversos trabalhos. Os próprios autores ponderam sobre diferenças na exportação calculada quando as amostragens são realizadas numa época ou noutra. No caso do K, sabe-se que ocorre diminuição significativa do conteúdo por lavagem das plantas pela água de chuva ou irrigação no período compreendido entre o início da fase de maturação e o final do ciclo (SILVA; RITCHEY, 1982; COSTA et al., 2009; RESENDE et al., 2014; SILVA, 2016). Por fim, é preciso levar em conta que o presente estudo envolveu avaliações em ambientes com médio a alto investimento em adubação e cultivares modernas, visando alta produtividade de forragem, o que certamente propicia maior extração de nutrientes.

Pré-requisito para se dimensionar adubações de forma equilibrada, o cálculo do balanço de nutrientes, considerando as entradas via adubação e as saídas com a retirada das plantas inteiras, constitui uma etapa de certa complexidade no gerenciamento de sistemas envolvendo milho silagem. Isso porque a proporção exportada a mais que na colheita só dos grãos não é uniforme entre os diversos nutrientes (Figura 2). Na realidade, o comportamento é peculiar e as implicações práticas vão depender das especificidades de cada nutriente na relação solo-planta. Assim,

conquanto as exportações de Ca, Fe e Mn sejam muito mais elevadas no milho silagem, não devem representar maior preocupação no manejo da fertilidade, pela abundância desses nutrientes ser normalmente suficiente para suprir a absorção pela cultura na maioria dos solos agrícolas com acidez corrigida (Ca e Mg em níveis adequados) e textura média a argilosa (mais ricos em óxidos fontes de Fe e Mn). Por outro lado, nutrientes como N, S, Cu, Zn, e especialmente o K, devem inspirar mais critério nas decisões de manejo por parte dos profissionais de assistência técnica e produtores.

Fica evidente que é preciso dedicar atenção ao correto dimensionamento da adubação do milho voltado para produção de silagem, que pode ser considerado uma das culturas mais esgotantes das reservas de nutrientes dos ambientes de cultivo. Muitos produtores não têm esse cuidado no manejo de médio/longo prazo e, dependendo de eventos climáticos ou de mercado, redirecionam aleatoriamente talhões de milho inicialmente planejados visando a produção de grãos para o corte e ensilagem das plantas, em detrimento da sustentabilidade futura do sistema. Essa situação tem sido verificada com certa frequência quando ocorre restrição hídrica (veranico) que compromete a formação dos grãos, e então o produtor opta pelo uso como forragem. Além disso, quando por causas diversas, a oferta de silagem fica abaixo da demanda nas regiões de criação, há elevação da cotação do volumoso, criando atrativo para que lavouras originalmente destinadas a grãos sejam cortadas para venda como silagem. Em qualquer desses casos, os nutrientes removidos deverão, necessariamente, ser restituídos para o bom andamento do cultivo que vier em seguida.

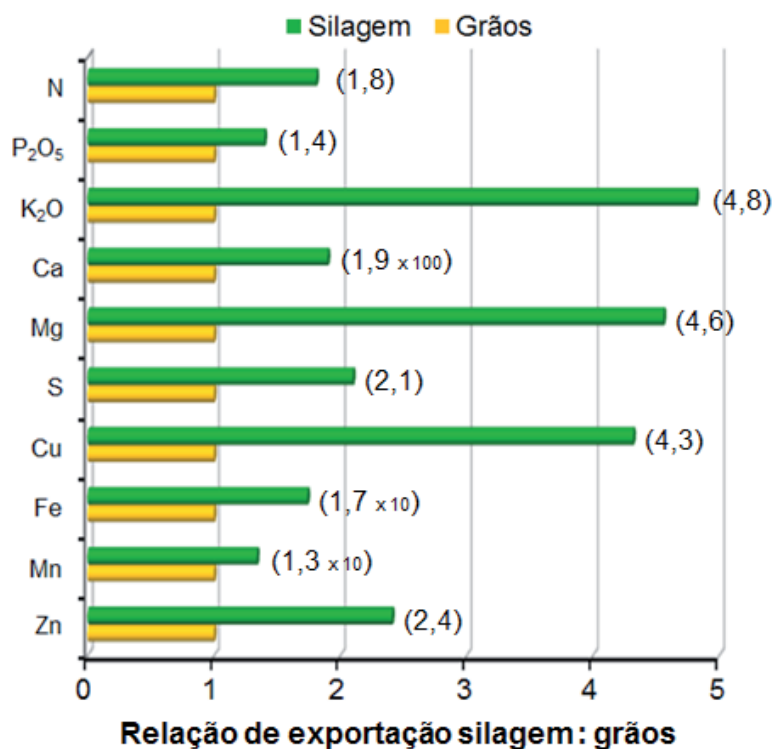


Figura 2. Relação proporcional de exportação de nutrientes quando plantas inteiras de milho são cortadas para silagem (estádio R5), comparativamente à colheita apenas dos grãos após a maturação fisiológica (estádio R6). Valores entre parêntesis indicam quantas vezes é maior a remoção de nutrientes no milho silagem.

Como indicação geral do potencial de exportação no cultivo de milho silagem de alta produtividade, são aqui apresentadas as quantidades equivalentes de macro (Figura 3) e micronutrientes (Figura 4) para cada tonelada de massa seca produzida (parte aérea + grãos). Sem dúvida, o suprimento de N e K é o ponto mais crítico no manejo nutricional do milho silagem. Os fertilizantes nitrogenados e potássicos representam a maior parcela dos custos com adubação, portanto, com forte influência na rentabilidade ao produtor. Esse aspecto acaba tornando-se um fator de desestímulo ao seu fornecimento nas dosagens requeridas. Tratando-se dos nutrientes demandados em maiores quantidades, aumentam as chances de abastecimento insuficiente para a finalidade de silagem, o que pode comprometer a produtividade atual e futura do sistema de culturas explorado na fazenda.

O suprimento de K é uma questão delicada para os que lidam com lavouras para silagem. Conforme já comentado, ocorre consumo de luxo pelas plantas de milho quando há maior disponibilidade do nutriente e, em geral, sua exportação é muito acentuada. Sem a devida reposição, com poucos ciclos de milho silagem, o empobrecimento do solo torna-se crítico. É importante salientar que, embora os ganhos em produção de biomassa não acompanhem as taxas de absorção de K, este nutriente é fundamental na manutenção do vigor geral da plantação. Destaca-se o seu papel na qualidade de colmos, que se reflete em maior resistência ao quebramento/acamamento (MALAVOLTA et al., 1997; COELHO, 2005; PADILHA, 2014), com índices de perdas mais baixos quando as plantas estão com adequada nutrição potássica.

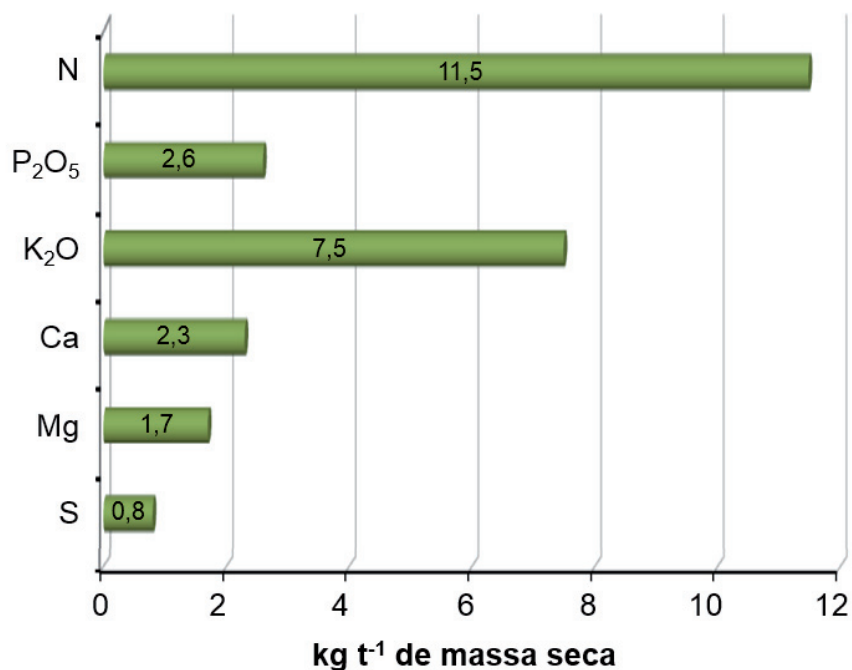


Figura 3. Exportação de macronutrientes por tonelada de massa seca de milho colhido para silagem (parte aérea + grãos no estágio R5). Média dos híbridos AG 8088 PRO X, DKB 310 PRO 2, DKB 390 PRO, e P 30F53YH, em cultivos com médio a alto investimento em adubação. Para converter P₂O₅ em P e K₂O em K, dividir, respectivamente, os valores da figura por 2,29 e 1,20.

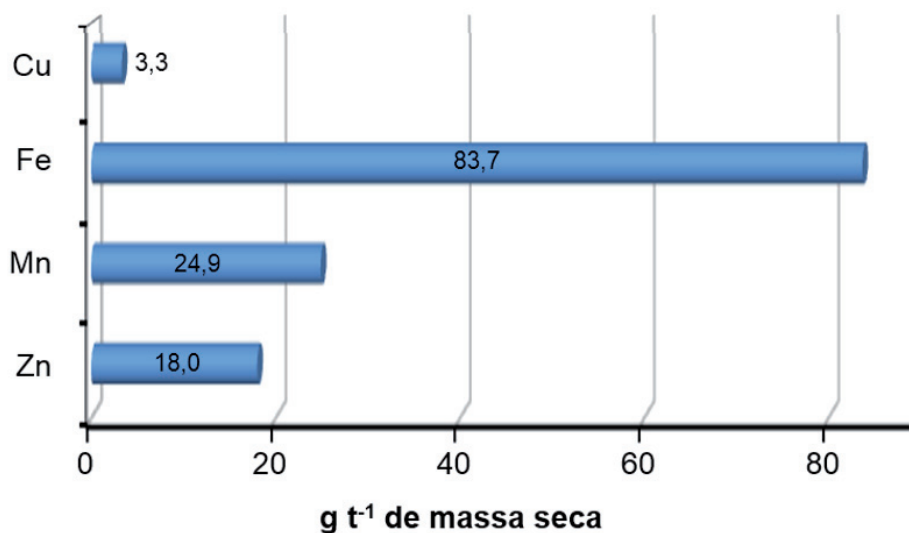


Figura 4. Exportação de micronutrientes por tonelada de massa seca de milho colhido para silagem (parte aérea + grãos no estágio R5). Média dos híbridos AG 8088 PRO X, DKB 310 PRO 2, DKB 390 PRO, e P 30F53YH, em cultivos com médio a alto investimento em adubação.

Um aspecto relevante diz respeito ao direcionamento preferencial do K absorvido para os colmos do milho (Figura 5), com grande acúmulo no terço inferior da planta (RESENDE et al., 2014). Estudando o conteúdo médio presente em quatro híbridos, sob alto investimento em adubação, esses autores verificaram uma extração total equivalente a cerca de 171 kg ha^{-1} de K_2O no estágio R3 (início do enchimento de grãos), dos quais, ao final do ciclo, 62 kg permaneceram nos colmos, sendo 44 kg no seu terço inferior. Portanto, a parte basal do colmo concentra expressiva proporção do K contido na planta de milho, que nesse caso correspondeu a cerca de 73 kg de fertilizante cloreto de potássio.

Essa alocação do K na base do colmo deve ser levada em conta no manejo do milho para silagem, pois, com alguma variação da altura de colheita das plantas, haverá forte

impacto na exportação do nutriente, para mais ou para menos. Jaremtchuk et al. (2006) demonstraram que a mudança da altura de corte de 20 para 40 cm acima do solo resultou em exportação de K 19,1% menor e elevação do teor de matéria seca de 31,7 para 33,9%. A média de produção de matéria seca por hectare foi de 11,2 e 9,7 toneladas, na menor e maior altura de corte, respectivamente, reduzindo a estimativa de produção de leite por hectare. Embora as implicações quanto ao rendimento de silagem e ao desempenho animal não possam ser desconsideradas, o corte de plantas a uma maior altura é prática desejável sob o ponto de vista de manutenção da fertilidade do solo. Ao se preservar a base do colmo na área de cultivo, evita-se a exportação de quantidade significativa de K, amenizando o risco de empobrecimento do solo, além de contribuir com alguma palhada para o sistema de produção.

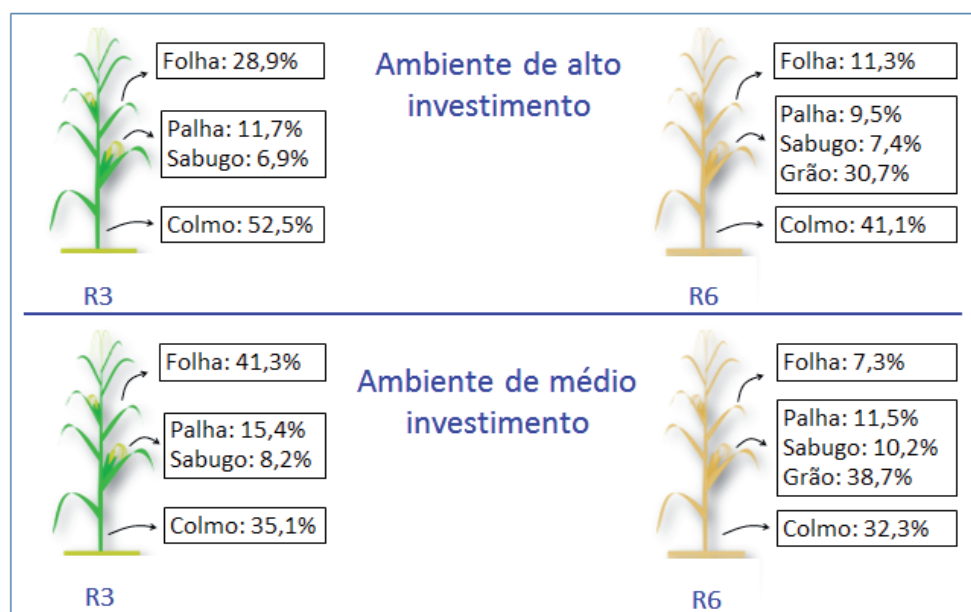


Figura 5. Compartimentalização de potássio (% do total acumulado na parte aérea) em plantas de milho, no enchimento de grãos (R3) e após a maturação fisiológica (R6), em ambientes com alto e médio investimento em adubação. Fonte: Resende et al. (2014).

Conclusões e Recomendações

Em média, os quatro híbridos cultivados na safra de verão, em ambientes de médio a alto investimento em adubação e com irrigação complementar, produziram cerca de 15,7 t ha⁻¹ de massa seca de parte aérea (com variação de 13,4 a 20,1 t ha⁻¹ entre híbridos) mais 8,7 t ha⁻¹ grãos (com variação de 7,6 a 10,1 t ha⁻¹ entre híbridos), à época do corte para ensilagem (estádio R5, grão farináceo, em grau de maturação “meia linha de leite”).

A demanda nutricional média identificada nessas condições corresponde aos seguintes indicadores, para cada tonelada de massa seca produzida (parte aérea + grãos):

Exportação equivalente de macronutrientes: 11,5; 2,6; 7,5; 2,3; 1,7; e 0,8 kg de N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg e S, respectivamente.

Exportação equivalente de micronutrientes: 3, 84, 25, e 18 g de Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente.

O potencial de exportação de nutrientes pelo milho silagem aumenta em situações que combinam a utilização de cultivares com elevada capacidade de produção de biomassa em ambientes com maior oferta de nutrientes.

Comparativamente à colheita somente dos grãos, no milho silagem o diferencial de exportação a mais por hectare é da ordem de 126, 18, 145, 57, 32 e 11 kg de N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg e S, e de 63, 1.922, 583 e 257 g de Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente.

Face à acentuada remoção desencadeada pelo corte das plantas inteiras, devem ser redobrados os cuidados na reposição de nutrientes em sistemas que envolvem o cultivo para silagem, sobretudo no tocante a N e K, cuja exportação é substancialmente maior nessa modalidade de utilização do milho. Sem o devido ajuste das adubações, certamente

haverá redução das reservas do solo e ocorrência de desequilíbrios nutricionais, com prejuízo à produtividade das culturas subsequentes.

O K é acumulado em grande proporção na parte inferior do colmo do milho, razão pela qual o corte das plantas a uma maior altura é recomendável para que, ao preservar a base na área de cultivo, haja maior conservação do nutriente para integrar os processos de ciclagem e manter seu balanço positivo no sistema, amenizando o risco de empobrecimento do solo.

Os dados de exportação ora apresentados servem como uma referência geral para alta produtividade de milho silagem, mas, tendo em vista que diversos fatores interferem nas quantidades de nutrientes absorvidas, ganha importância a obtenção de informações mais próximas possível da realidade de cada área de produção. Nesse sentido, a análise de tecidos de material colhido na propriedade (plantas inteiras ou fracionadas nos diferentes órgãos para avaliação mais refinada), no mesmo processo laboratorial utilizado para análise foliar, fornece indicadores mais precisos para o dimensionamento das adubações de manutenção.

Referências

- ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, G. E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 314-316.
- COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 78).

COELHO, A. M. O potássio na cultura do milho. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos. 2005. p. 613-658.

COSTA, S. E. V. G. A.; SOUZA, E. D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J. P. C.; ANDRIGUETTI, M. H. Distribuição de potássio e de raízes no solo e crescimento de milho em sistemas de manejo do solo e da adubação em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, p. 1291-1301, 2009.

DUARTE, A. P.; KIEHL, J. de C.; CAMARGO, M. A. F. de; RECO, P. C. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 1-20, set./dez. 2003.

FERREIRA, C. F. **Diagnose nutricional de cultivares de milho (*Zea mays* L.) de diferentes níveis tecnológicos**. 2009. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GUTIÉRREZ, A. M. **Extração e exportação de micronutrientes em milho transgênico sob dois níveis de adubação em plantio direto no cerrado**. 2016. 51 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas.

JAREMTCHUK, A. R.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L.; GONÇALVES, H. C.; OSTRENSKY, A.; KOSLOWSKI, L. A.; MADEIRA, H. M. F. Produção, composição bromatológica e extração de potássio pela planta de milho para silagem colhida em duas alturas de corte. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 351-357, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MANUAL de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400 p.

PADILHA, F. A. **Desempenho de híbridos de milho em dois níveis de investimento tecnológico na região de Sete Lagoas - MG**. 2014. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 56-59. (Boletim técnico, 100).

RESENDE, A. V.; MARS, G.; SIMÃO, E. P.; GUIMARÃES, P. E. O.; GUIMARÃES, L. J. M. Compartimentalização e dinâmica de potássio em plantas de milho. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 20. **Resumos...** Cusco: SLCS, 2014. 6 p.

SILVA, C. G. M. **Absorção e exportação de macronutrientes em milho transgênico sob dois níveis de investimento em adubação**. 2016. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 370 p.

SILVA, J. E.; RITCHEY, K. D. Acumulação diferencial de potássio em oxissolos devido a lavagem do nutriente das plantas de milho para o solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 83-188, 1982.

UENO, R. K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; BASI, S.; ROSÁRIO, J. G. Dinâmica dos nutrientes do solo em áreas destinadas à

produção de milho para forragem. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 182-203, 2011.

UENO, R. K.; NEUMANN, M.; MARAFON, F.; REINEHR, L. L.; POCZYNEK, M.; MICHALOVICZ, L. Exportação de macronutrientes do solo em área cultivada com milho para alimentação de bovinos confinados. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3001-3018, 2013.

VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, J. L. D. A. R.; REIS, M. C. D. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p. 157-173, 2009.

**Circular
Técnica, 221**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027 1100
Fax: (31) 3027 1188
www.embrapa.br/fale-conosco
1ª edição
Versão Eletrônica (2016)

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



**Comitê de
publicações**

Presidente: Presidente: Sidney Netto Parentoni.
Secretário-Executivo: *Elena Charlotte Landau.*
Membros: *Antonio Claudio da Silva Barros,
Cynthia Maria Borges Damasceno, Maria Lúcia
Ferreira Simeone, Monica Matoso Campanha,
Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda
de Castro.*

Expediente

Revisão de texto: *Antonio Claudio da Silva Barros.*
Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro.*
Tratamento das ilustrações: *Tânia Mara A. Barbosa.*
Editoração eletrônica: *Tânia Mara A. Barbosa.*